



גליון 05/2023

## טייס בודד בקוקפיט: יותר זול ולא פחות בטוח

טייס בודד בקוקפיט או בשם הלועזי RCO – Reduced Crew Operation הוא הנושא הגדול הבא עליו מדברים בתעשיית התעופה \* רבים מאיגודי הטייסים בעולם מתנגדים ל-RCO בנימוק של פגיעה בביטחון הטיסה, אך בחינה של הנושא מעלה תהייה, שמא הסיבה להתנגדות היא פגיעה בתעסוקת טייסים \* האם RCO באמת פחות בטוח מ-TCO – Two-persons Crew Operations

גדעון מנדלסון



4 יוני 2023 | אין תגובות | 7:10 pm

שני תהליכים, שהתנהלו במקביל, מאפיינים את התפתחות עולם המטוסים הגדולים: הראשון היה שיפור משמעותי באיכות הטכנית של חכנון ובניית מטוסים, שגרמה לצמצום רצוף של התרחשות תקלות טכניות בטיסה בכלל ובמערכות קריטיות בפרט (מנועים, כני נסע, מניעת אש וכו'). השיפור הטכני התקדם מהר יחסית עד שנות השמונים של המאה הקודמת ומאז ועד ימינו יש שיפור איטי יותר של המערכות, מכיוון שהן כבר בטוחות למדי.



התהליך השני, שרץ במקביל, התחיל באיטיות ועם הזמן האיץ. תהליך זה כולל שיפור מתמיד באוטומציה של המערכות, ביכולת התצוגות להציג מידע באופן קליל ומהיר לתפיסה/הבנה, באיכות הממשקים בין הטייס למטוס, במערכות ניווט ובמערכות תקשורת. תהליך זה הוריד את צוות המטוס מחמישה אנשי צוות (קברניט, קצין ראשון, מהנדס טיסה, נווט וקשר) בשנות ה-40 של המאה הקודמת לשלושה אנשי צוות בשנות ה-60 והחל משנות ה-80 לצוות של שני טייסים בלבד המסוגל לבצע את כל הפעולות שעשו חמישה אנשים יותר מהר, מדויק, פשוט, קל והרבה יותר בטוח. אבל תהליך השיפור של מערכות אלה לא נעצר כאשר נותרו שני טייסים בקוקפיט, הוא ממשיך ומאיץ והטכנולוגיה היום מאפשרת לעבור לשלב הבא.

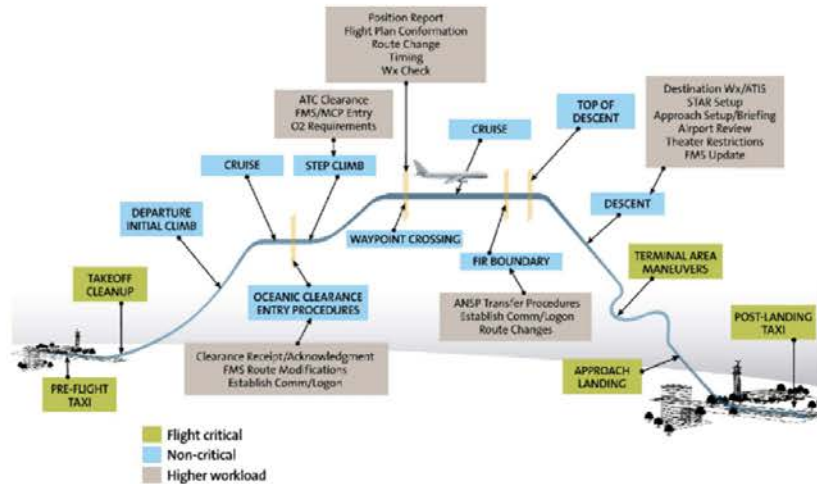


ב-40 השנים האחרונות מטוסים טסים עם שני טייסים בקוקפיט. כל שיטת התפעול, הרגולציה העוספת את התפעול והאוטומציה – כולן מוכוונות כיום לתפעול על ידי שני טייסים. שני הטייסים מחלקים ביניהם בכל טיסה שני תפקידים שהם הבסיס לפילוסופיית ההפעלה של המטוס. תפקיד אחד הוא של טייס מטיס (Pilot - PF) והתפקיד השני של טייס מנטר (Pilot Monitoring - PM). בהפשטה גדולה אפשר לומר כי ה-PF מטיס את המטוס וה-PM מנטר את פעולות ה-PF, את מצב המטוס במרחב, מתריע כאשר יש סטייה מהמצב הרצוי ומתפעל מערכות שונות, שאינן הטסת מטוס ישירה. יש עוד נדבך מרכזי בשיטת ההפעלה של המטוס המצטרף לתפקידי ה-PF/PM והוא עקרון ה-Cross Check. משמעותו של ה-Cross Check היא, כי כל פעולה שעושה אחד הטייסים בין אם ה-PF או ה-PM נבדקת ונבדקת על ידי הטייס השני. חזרה ושנית הטילה זו זווית נוספת ואגרסיבית ומתוחה עוררות

כאמור, בעולם המטוסים הגדולים אפשר לזהות וקטור התקדמות ברור של הוצאת אנשי צוות אוויר מהקוקפיט והחלפתם במערכות מתקדמות. המוטביציה לתהליך היא בראשונה כלכלית. עלותם של צוותי האוויר גבוהה ואילו החלפתם במערכות מתקדמות מוילהת את עלות הטיסות. המצב הזה לא השתנה מראשית התעופה ועד היום. לכן אין ספק שהיעד הוא מטוסים ללא טייסים כלל, אבל כדי שנוסעים יסכימו לטוס באותם מטוסים ללא טייסים, הטיסות צריכות להיות בטוחות לפחות – אם לא יותר מטיסות עם שני טייסים.

הנתיב המוביל ליעד של טיסה במטוס ללא טייסים עדיין לא לגמרי ברור. לגורמים שונים יש דעות ותפיסות רבות ושונות איך צריך לממש את המיזם, אבל בגדול מדברים על שלושה שלבים במעבר ממטוס עם שני טייסים למטוס ללא טייסים בכלל. כיום התעופה נערכת לשלב הראשון.

**השלב הראשון** – המכונה RCO, מצוי כרגע במתרחות. המונח היא כי את שלבי ההמראה, הטיפוס, ההנמכה, הגישה והנחיתה יבצע שני טייסים בקוקפיט ואילו **בשלב השני יהיה טייס בודד בקוקפיט** (השני במנוחה). לפי תפיסה זו, את תפקידי הניטור וה-Cross Check לטייס הבודד המטיס את המטוס יבצעו הבקרה המבטרת את המטוס יחד עם אוטומציה מוגברת, בעיקר של מערכות תקשורת (CPDLC) והאוויוניקה של המטוס.



**השלב השני** – כולל טייס בודד בקוקפיט בשלבי ההמראה, הטיפוס, ההנמכה, הגישה והנחיתה כאשר בשיוט עצמו הטייס או בקוקפיט או במנוחה. ברוב המודלים, כאשר אין טייס בקוקפיט יטיס את המטוס טייס הנמצא במרכז שליטה בעמדת הסטה ייעודית, בעזרת אוטומציה מוגברת ומתקדמת של מערכות רבות במטוס ובתקשורת. את תפקידי הניטור וה-Cross Check בשיוט יבצעו האוטומציה והבקרה. כאשר יש טייס בקוקפיט, הטייס במרכז השליטה יבצע את משימות הניטור וה-Cross Check יחד עם הטייס בקוקפיט.

**השלב השלישי** – מטוס ללא טייסים במטוס. עדיין לא ראיתי מחקר מסודר המגדיר את אופן מימוש המצב הזה. מאמרים בתחום מדברים על כך שהמטוס יוטס על ידי טייס במרכז שליטה ייעודי ויחד עם אוטומציה מוגברת ובקרה מתקדמת יבוצע ניטור Cross Check.

כאמור, כרגע מדברים רק על אופן המימוש של השלב הראשון. בשלב זה החסכון יושג בתחילה בעיקר על ידי צמצום של צוותים של טיסות ארוכות ואחר כך על ידי הרחבת מעטפת זמן הטיסה המותר של צוות עם שני טייסים (אחד ייצא לנוח).

בשלב השני והשלישי מדובר בהחלפת הטייס בקוקפיט בטייס במרכז שליטה. השאלה היא איפה החסכון הנוסף? בראיה עתידית מדובר כי בשיוט מספר מטוסים יהיו מפותחים על ידי אותו טייס במרכז השליטה ואילו בשלבי ההמראה ונחיתה יהיה כל מטוס מפותח על ידי טייס בודד אשר ישב במרכז השליטה, הניטור וה-Cross Check יבוצעו על ידי האוטומציה והבקרה וכך תיעל המערכת.

## מה יותר בטוח: RCO או TCO?

התעופה המסחרית בנתיבי האוויר הגיעה כיום לרמת בטיחות גבוהה מאד. כאשר בודקים ומנתחים את האירועים החמורים והתאונות שמתרחשים בכל זאת, מוצאים כי יותר מ-70% מהאירועים/תאונות מקורם בגורם האנושי – Human Factors ואילו פחות מ-30% מקורם בכישלונות מכניים/מערכות או בעיות אחרות. זאת ועוד: לא מעט אירועים שהתחילו עקב בעיית מערכת/כשולן טכני, הפכו לאירוע בטיחותי משמעותי עקב טיפול שגוי/לא מיטבי של Human Factors.

כאשר בודקים מה היתרונות של שני טייסים בקוקפיט מגלים גורמים כמו:

1. עבודת צוות הדוקה – ניטור ו-Cross Check יעילים פנים אל פנים.
  2. הסתגלות לטביבה דינמית משתנה בעיקר במקרה של שינויים או תקלות.
  3. יכולת לבצע תהליכי איפחות (mitigation) בצוות פנים אל פנים.
  4. גיבוי אחד לשני במקרה של Incapacitation.
- מצד שני כאשר בודקים את יתרונות RCO ובעיקר השלבים השני והשלישי רואים:

1. כניסה מאסיבית של AI לכל רמות האוטומציה הבקרה וה-Cross Check.
2. אוטומציה רחבה לתמרון ושליטה במטוס גם בתמרונים מורכבים.
3. בקרת קו טיסה חכמה – שילוב של AI בניטור בקרת קו טיסה ותיקוני חריגות.
4. שילוב משופר ומוגבר של פרוצדורות אוטומטיות בתפעול הטיסה.
5. יכולת קונפיגורציה אוטומטית בתפעול תקלות מטוס.
6. הקטנת עומס על הטייס עקב השיפור באוטומציה בתצוגות ושילוב פרוצדורות תפעול פשוטות ומובנות לתפעול רגיל וחירום.
7. חלק מה-Cross Check מוטמע באוטומציה מול הבקרה ובמטוס עצמו וחלק בתקשורת מול המטיס הקרקעי.

כאמור, השלב הראשון (RCO) מדבר על טייס בודד בקוקפיט בשיוט בלבד. מבחינה טכנולוגית אין למעשה שום מכשול ביישום הפתרונות הנדרשים לטובת טיסת RCO. היכולות הטכנולוגיות האוטומטיות היום בעולם התעופה (והחלל) הן רחבות ואמינות הרבה מעבר ל-RCO ומאפשרות גם הטסת מטוס ללא טייסים כלל. אין בעיה טכנולוגית ליישם את הפתרונות האלה במטוסים עצמם, במערכות הבקרה, הניווט והתקשורת. צריך לזכור שחלליות נוחות על הירח נחיתה אנכית רכה בדיוק של מטרים, חלליות טעות ומתחברות לחנת החלל בדיוק מילימטרי, בוטרים של טילים נוחתים אנכית על משטח בדיוק של מטר באמצע האוקיינוס, כל אלו בעזרת מערכות טיסה ובקרה אוטומטיות לחלוטין.

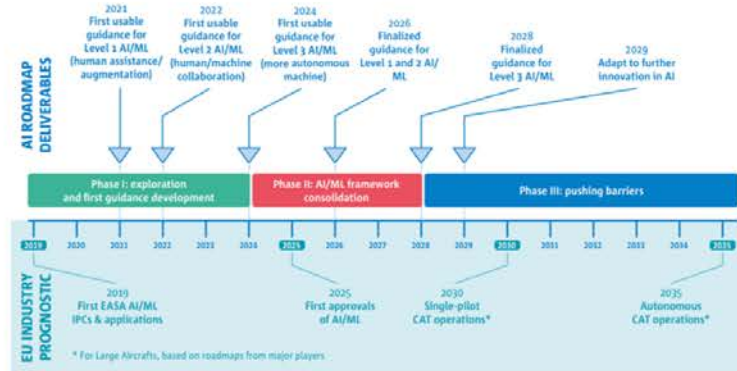
אחת שהמערכת יותאמו ל-RCO סביר כי יוצממו האפשרויות לטעויות בין הטייס לבקרה עקב המיכון והאוטומציה ששופרו בתהליך. אם יידרש תפעול מטוס מידי



בעקבות תקלה קריטית באחת ממערכות המטוס, הטייס בקוקפיט יבצע את הפעולות המיידיות כ-PF וכ-PM והבקרה והאוטומציה יבצעו Cross Check מסוים. מיד אחר כך, כשיסתיימו הפעולות המיידיות, יזעק הטייס השני לקוקפיט. בכל מקרה אחר אפשר לקרוא הטייס המטיס (איש הצוות השני) לקוקפיט ולצרפו להתמודדות עם האירוע. כמובן ששיטת תפעול זו תאופייין ותוגדר באופן מלא, הצוותים יכירו אותה היטב ויתאמנו עליה במאמן. לכן לדעתי טיסת שיוט RCO בשלב הראשון תהיה בטוחה כמו או מעט יותר מטיסת שיוט TCO. מימוש השלב הראשון יאפשר בעיקר חסכון בעלות הטיסה עקב הקטנת צוות הטייסים.

## בשלות מימוש RCO

מימוש ה-RCO (השלב הראשון) תלוי קודם כל בהגדרת שיטת תפעול כוללת ומלאה למצב של טייס בודד בקוקפיט, כלומר הגדרה מלאה של כל הפעולות, סדר הבצוע, התניות ותזמון לתפעול הטייס בקוקפיט וכמובן גם לבקרה, כל אלו למצב טיסה שגרתית ומצבי חירום ותקלות. נדרש להתאים את הנלי הרגולציה באופן נרחב, כך שישכו את כל ההיבטים של טיסת RCO. עוד נדרשים התאמת המטוס, שדרוג והתאמת מערכות השליטה והבקרה ומערכות התקשורת לאוטומציה מוגברת. אחרי שכל אלה ימומשו יידרש תהליך של Build Up ביישום מדורג של התפיסה החדשה בטיסה באופן, כזה שיאפשר לזהות מראש נקודות חלשות ושגיאות בתפיסה או במימוש הקונספט של RCO ותיקון ללא תשלום בטיחותי. כלומר טביר שיידרש תהליך ניסוי מתוחם של הנסת RCO כאשר במטוס עדיין יהיו שני טייסים כאשר שיטת התפעול היא של RCO אבל תפקיד הטייס השני ביצוע פיקוח בטיחותי.



כרגע מדובר באירופה על תחילת ביצוע ניסויי השלב הראשון ב-RCO על ידי EASA בשנת 2027 וכניסה של RCO ומבצעות ב-2030. על פי המסתמן עכשיו, הניסוי יבוצע על מטוסי A350-ו B787 אשר יעברו התאמות נדרשות ובעזרת מערכת בקרה שתעבור גם היא התאמות נדרשות. טיסת מטוסים ללא טייסים מתוכננת כרגע סביב 2035.



להורדת המגזין המלא

להורדת הכתבה

## כתיבת תגובה

שדות החובה מסומנים \*  
 Logged in as ifrachmiri1@gmail.com. Edit your profile. Log out

התגובה שלך \*

להגיב

<p><b>מערכת</b></p> <p>יצא לאור על ידי איגוד הטייסים הישראלי</p> <p>י"ר: מידן בר</p> <p>אתר: <a href="https://www.isralpa.org.il">https://www.isralpa.org.il</a></p> <p>מייל: <a href="mailto:Editor@aviation.news">Editor@aviation.news</a></p> <p>עורך: אהרון לפידות</p>	<p><b>תחומי עניין</b></p> <p>בטיחות</p> <p>מאמרים</p> <p>חדשות</p> <p>תאונות איריות</p> <p>עידוכי תעופה</p> <p>סיפורי טיסה</p>	<p><b>מהדורות</b></p> <p>מהדורת נובמבר 2020</p> <p>מהדורת פברואר 2020</p> <p>מהדורת אוגוסט 2019</p>	<p><b>הרשם לקבלת עידוכים ישירות למייל</b></p> <p>היה הראשון לקבל את המהדורה האחרונה למייל האישי. התעדכן בחדשות ומאמרים של בטיאון איגוד הטייסים בישראל.</p>
<p>מערכת: דיון מנדלסון, עפר קוטלר, דן גפני (צלם המערכת), מירי יפרח (מעבדת)</p>			<p>להרשמה <input type="text" value="Your Email"/></p>

